

ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN DENGAN METODE *LIFE CYCLE ASSESMENT* (LCA) TERHADAP KOAGULAN ALUMINIUM SULFAT DAN *POLY ALUMINIUM CHLORIDE* (PAC) DI IPAM NGAGEL SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi Teknik Lingkungan



Disusun oleh:

VINA NIRMA WAHYUNI

NIM: H05216022

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
2020**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Vina Nirma Wahyuni

NIM : H05216022

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul: "ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN DENGAN METODE *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA) TERHADAP KOAGULAN ALUMINIUM SULFAT DAN POLY ALUMINIUM CHLORIDE (PAC) DI IPAM NGAGEL SURABAYA". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 6 Agustus 2020

Yang Menyatakan,



(Vina Nirma Wahyuni)

NIM. H05216022

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir oleh:

Nama : Vina Nirma Wahyuni

NIM : H05216022

Judul : Analisis Dampak Lingkungan dengan Metode *Life Cycle Assessment* (LCA) Terhadap Koagulan *Aluminium Sulfat* dan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) di IPAM Ngagel Surabaya.

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 21 Juli 2020

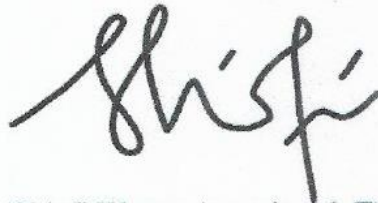
Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



(Rr Diah Nugraheni Setyowati, M. T)

NIP. 198205012014032001



(Shinfi Wazna Auvaria, M. T)

NIP. 198603282015032001

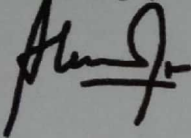
PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Vina Nirma Wahyuni ini telah dipertahankan
di depan tim penguji tugas akhir
di Surabaya, 24 Juli 2020

Mengesahkan,

Dewan Penguji

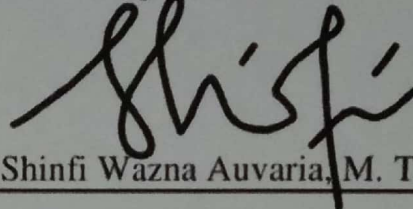
Dosen Penguji I



(Rr Diah Nugraheni Setyowati, M. T)

NIP. 198205012014032001

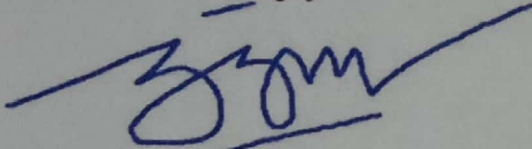
Dosen Penguji II



(Shinfi Wazna Auvaria, M. T)

NIP. 198603282015032001

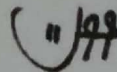
Dosen Penguji III



(Abdul Hakim, M. T)

NIP.198008062014031002

Dosen Penguji IV



(Estri Kusumawati, M. Kes)

NIP. 198708042014032003

Mengetahui,

Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Sunan Ampel Surabaya



(Dr. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Ag)

NIP. 197312272005012003

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Vina Nirma Wahyuni
NIM : H05216022
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Lingkungan
E-mail address : vinanirmawahyuni@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain

(.....)

yang berjudul:

ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN DENGAN METODE *LIFE CYCLE*

ASSESSMENT (LCA) TERHADAP KOAGULAN ALUMINIUM SULFAT DAN

POLY ALUMINIUM CHLORIDE (PAC) DI IPAM NGAGEL SURABAYA

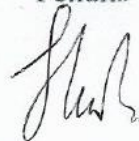
beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 6 Agustus 2020

Penulis



(Vina Nirma Wahyuni)

ABSTRACT

Environmental impact analysis with Life Cycle Assessment (LCA) method on Aluminium sulfate and Poly Aluminium Chloride (PAC) coagulant at IPAM Ngigel Surabaya

The process in drinking water treatment plant (IPAM) can cause 3 major impacts to the environment, namely carcinogens impact, respiratory inorganics and climate change. IPAM has been grouped as one of several public facilities that gradually produce a large portion of CO₂ with electricity consumption and large quantities of chemicals. The aim of the study is to quantify the environmental impact of the coagulant scenario and determine the best coagulant scenario with the smallest environmental impact in the IPAM Ngagel with the Life Cycle Assessment (LCA). This method of study with qualitative descriptive method uses the LCA method with the phases of Scope and Goal Definition, Life Cycle Inventory (LCI), Life Cycle Impact Assessment (LCIA), and Interpretation. Scope of this research uses a variation of the coagulant aluminium sulfate as the existing coagulant and Poly Aluminium Chloride as an alternative coagulant. Data entered on LCI is data input-output water, chemicals and electricity consumption. The results of the LCIA from SimaPro software resulted in network, characterization, normalization and single score values. The impact value of scenario 1, which is the impact of carcinogens, has an impact value of 3.59 DALY, the impact respiratory inorganics has an impact value of 8.01 DALY, whereas the climate change impact has an impact value of 2.17 DALY. While the impact value of scenario 2, the impact of carcinogens has an impact value of 6.57 DALY, the impact respiratory inorganics has an impact value of 11.1 DALY, while the impact of climate change has an impact value of 2.77 DALY. From the results of this study gained the best coagulant scenario with the smallest environmental impact on the IPAM Ngagel Surabaya is the coagulant scenario with Aluminium Sulphate.

Keywords: *LCA, environmental impact, coagulant, Aluminium sulfate, Poly Aluminium Chloride (PAC)*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

HALAMAN PENGESAHAN

PERNYATAAN KEASLIAN

PEDOMAN TRANSLITERASI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Rumusan Masalah	3
1.5. Tujuan Penelitian.....	4
1.6. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Parameter Kualitas Air Bersih.....	5
2.2. Proses Produksi Air Bersih	7
2.3. Limbah B3.....	8
2.4. Unit-Unit Instalasi Pengolahan Air Minum	12
2.5. Dampak Lingkungan dari Proses Pengolahan Air Minum	17
2.6. <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA).....	23
2.7. <i>Software</i> SimaPro	26
2.8. Integrasi Keilmuan.....	26
2.10 Penelitian Terdahulu	29

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut	Peraturan	Menteri	Kesehatan	Nomor:
416/MEN.KES/PER/IX/1990 Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air				
beberapa parameter fisik, kimia, dan biologi, yang dapat mempengaruhi kualitas air				
bersih yaitu sebagai berikut (Saputri, 2011):				

a. Kekерuhan

b. Warna

c. Rasa dan Bau

Rasa dan bau dalam air sering disebabkan adanya bahan-bahan organik dan memungkinkan adanya mikroorganisme penghasil bau yang mempengaruhi kenyamanan air. Penyebab bau umumnya tidak terdapat dalam jumlah konsentrasi yang cukup untuk bisa dideteksi kecuali hasil baunya itu sendiri.

beberapa proses yang digunakan dalam memproduksi air bersih beserta penjabarannya pada **Tabel 2.1** (Said, 2016).

Tabel 2.1 Proses Produksi Air dan Penjabarannya

Proses Produksi Air	Penjabaran
Fisik	Proses secara fisik dalam pengolahan air bersih, meliputi dilusi, sedimentasi dan resuspensi, filtrasi, gas transfer, dan transfer panas.
Kimiawi	Pengolahan air secara kimiawi dapat melibatkan proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi, dan proses desinfeksi.
Biologis	Proses biologis dalam air bersih dapat diterapkan dalam pengolahan multi, misal air <i>recycle</i> dari air limbah menjadi air minum dengan dua tahap pengolahan, yaitu pengolahan limbah cair kemudian dilanjutkan pengolahan air minum.

Sumber: Said, 2016

2.3 Limbah B3

Kata B3 merupakan akronim dari bahan beracun dan berbahaya. Oleh karena itu, pengertian limbah B3 dapat diartikan sebagai suatu buangan atau limbah yang sifat dan konsentrasinya mengandung zat yang beracun dan berbahaya sehingga secara langsung maupun tidak langsung dapat merusak lingkungan, mengganggu kesehatan, dan mengancam kelangsungan hidup manusia serta organisme lainnya.

2.3.1 Jenis Limbah B3

Menurut Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun berdasarkan sumbernya, limbah B3 dibedakan menjadi 3 jenis yaitu :

2.4.8 Aerasi

Aerasi merupakan proses pencampuran air dengan oksigen. Proses aerasi ini bertujuan untuk:

1. Meningkatkan kadar oksigen terlarut (DO) dalam air
2. Mengurangi bau pada air baku
3. Mengurangi zat-zat pencemar seperti H_2S dan CO_2
4. Mencegah terjadinya proses anaerobik yang dapat terjadi dalam bak sedimentasi akibat dari terurainya zat-zat organik
5. Mengurangi kadar besi dan mangan

2.5 Dampak Lingkungan dari Proses Pengolahan Air Minum

Dalam LCA terdapat 11 pengelompokan kategori dampak. Kategori-kategori dampak tersebut dikategorikan menjadi tiga kategori kerusakan, yaitu kesehatan manusia, kualitas ekosistem dan sumber daya. Dampak lingkungan dengan metode LCA akan mengukur 11 kategori dampak lingkungan seperti pada **Tabel 2.2.**

Tabel 2.2 Deskripsi Dampak Lingkungan

No.	Kelompok Kerusakan	Dampak	Keterangan
1	Kesehatan manusia	<i>Carcinogens</i>	Potensi timbulnya dampak terhadap kesehatan manusia yang berasal dari zat karsinogenik
		<i>Respiratory organics</i>	Potensi adanya efek pernapasan yang bersumber dari polutan organik menuju ke udara.
		<i>Respiratory inorganics</i>	Timbulnya efek pernapasan dari polutan anorganik menuju ke udara
		<i>Climate change</i>	Timbulnya dampak tidak langsung yang diakibatkan oleh

sel normal menjadi sel kanker.

karsinogen sekunder, yaitu senyawa karsinogenik yang memerlukan metabolisme aktivasi untuk menimbulkan interaksinya. Sel selanjutnya akan terjadi perubahan molekul dan karsinogenik (*et al*, 1975)

manya potensi resiko bahaya bahan kimia yang ada pada air minum dibandingkan potensi bahaya adanya mikroorganisme. Hal ini disebabkan tidak adanya data yang lengkap terkait hasil sampingan dari penggunaan racun pada senyawa klor dan hasil sampingnya. Hal ini penting untuk dipahami. Data dari US EPA menunjukkan bahwa penduduk USA terpapar oleh klor yang berasal dari air minum. Hal ini dari proses klorinasi air minum dengan bertambahnya residu klor ini menunjukkan keterkaitan yang sangat kuat ketika menggunakan hasil klorinasi selama lebih dari 15 tahun (Craun, 1999)

sel normal menjadi sel kanker.

karsinogen sekunder, yaitu senyawa karsinogenik yang memerlukan metabolisme aktivasi untuk menimbulkan interaksinya. Sel selanjutnya akan terjadi perubahan molekul dan karsinogenik (*et al*, 1975)

manya potensi resiko bahaya bahan kimia yang ada pada air minum dibandingkan potensi bahaya adanya mikroorganisme. Hal ini disebabkan tidak adanya data yang lengkap terkait hasil sampingan dari penggunaan racun pada senyawa klor dan hasil sampingnya. Hal ini penting untuk dipahami. Data dari US EPA menunjukkan bahwa penduduk USA terpapar oleh klor yang berasal dari air minum. Hal ini dari proses klorinasi air minum dengan bertambahnya residu klor ini menunjukkan keterkaitan yang sangat kuat ketika menggunakan hasil klorinasi selama lebih dari 15 tahun (Craun, 1999)

- sel normal menjadi sel kanker.
- karsinogen sekunder, yaitu senyawa karsinogenik yang memerlukan metabolisme aktivasi untuk menimbulkan interaksinya. Sel selanjutnya akan terjadi perubahan molekul dan karsinogenik (*et al*, 1975)
- manya potensi resiko bahaya bahan kimia yang ada pada air minum dibandingkan potensi bahaya adanya mikroorganisme. Hal ini disebabkan tidak adanya data yang lengkap terkait hasil sampingan dari penggunaan racun pada senyawa klor dan hasil sampingnya. Hal ini penting untuk dipahami. Data dari US EPA menunjukkan bahwa penduduk USA terpapar oleh klor yang berasal dari air minum. Hal ini dari proses klorinasi air minum dengan bertambahnya residu klor ini menunjukkan keterkaitan yang sangat kuat ketika menggunakan hasil klorinasi selama lebih dari 15 tahun (Craun, 1999)

sel normal menjadi sel kanker.

karsinogen sekunder, yaitu senyawa karsinogenik yang memerlukan metabolisme aktivasi untuk menimbulkan interaksinya. Sel selanjutnya akan terjadi perubahan molekul dan karsinogenik (*et al*, 1975)

manya potensi resiko bahaya bahan kimia yang ada pada air minum dibandingkan potensi bahaya adanya mikroorganisme. Hal ini disebabkan tidak adanya data yang lengkap terkait hasil sampingan dari penggunaan racun pada senyawa klor dan hasil sampingnya. Hal ini penting untuk dipahami. Data dari US EPA menunjukkan bahwa penduduk USA terpapar oleh klor yang berasal dari air minum. Hal ini dari proses klorinasi air minum dengan bertambahnya residu klor ini menunjukkan keterkaitan yang sangat kuat ketika menggunakan hasil klorinasi selama lebih dari 15 tahun (Craun, 1999)

sel normal menjadi sel kanker.

karsinogen sekunder, yaitu senyawa karsinogenik yang memerlukan metabolisme aktivasi untuk menimbulkan interaksinya. Sel selanjutnya akan terjadi perubahan molekul dan karsinogenik (*et al*, 1975)

manya potensi resiko bahaya bahan kimia yang ada pada air minum dibandingkan potensi bahaya adanya mikroorganisme. Hal ini karena tidak adanya data yang lengkap terkait hasil sampingnya. Penggunaan racun pada senyawa klor dan hasil sampingnya yang berbahaya penting untuk dipahami. Data dari US EPA menunjukkan bahwa penduduk USA terpapar oleh klor yang berasal dari air minum. Hal ini karena proses klorinasi air minum dengan bertambahnya waktu. Penelitian ini menunjukkan keterkaitan yang sangat kuat ketika menggunakan hasil klorinasi selama lebih dari 15 tahun (Craun, 1999)

No.	Penulis dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
			IPAM. Solusi untuk mengurangi dampak lingkungan akibat penggunaan energi listrik yaitu peningkatan efisiensi peralatan dan sistem aliran air memanfaatkan gaya gravitasi.
2.	Kevin Wais Alqorin “Analisis Tingkat Eko Efisiensi Menggunakan Metode <i>Life Cycle Assesment</i> (LCA) Pada Usaha Kecil Menengah (UKM) Batik Laweyan	Untuk membandingkan dampak lingkungan dari kedua UKM sehingga bisa didapatkan nilai <i>eco cost</i> yang akan digunakan untuk mengukur perbandingan <i>Eco Efficiency Index</i> (EEI) dan <i>Eco Efficiency Ratio</i> (EER) dengan menggunakan 8.5.2.0	Dari hasil perhitungan didapatkan hasil <i>Eco Cost</i> pada UKM Batik Anugrah Purnama sebesar Rp1,767,337,381.54 dan UKM Batik Ogid sebesar Rp.1,287,012,133.64 dan nilai <i>Eco Efficiency Index</i> (EEI) pada UKM Batik Anugrah Purnama sebesar 0.178 dan pada UKM Batik Ogud sebesar 0.147 yang berarti bahwa kedua UKM tersebut dapat dikatakan terjangkau secara finansial (<i>affordable</i>) namun tidak ramah lingkungan (<i>not sustainable</i>). Nilai <i>Eco Efficiency Ratio</i> (EER) pada UKM Batik anugrah Purnama yaitu sebesar 462.96% dan UKM Batik

No.	Penulis dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
			Ogud sebesar -576.65% sehingga dari perbandingan kedua UKM tersebut yang lebih efisien yaitu UKM Batik Anugrah Purnama.
3.	Fara Pratiwi Eka Riyanty dan Hariwiko Indarjanto “Kajian Dampak Proses Pengolahan Air di IPA Siwalanpanji Terhadap Lingkungan dengan Menggunakan Metode <i>Life Cycle Assesment</i> (LCA)	Bertujuan untuk mengkaji dampak-dampak terhadap lingkungan dari proses pengolahan air di IPA Siwalanpanji dengan menggunakan <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA)	Dari hasil analisis LCA, menggunakan software SimaPro 7.33 dampak pencemaran yang terjadi berupa pencemaran yang terjadi berupa pencemaran udara yang disebabkan oleh penggunaan klorin, <i>Poly Alumunium Chloride</i> (PAC) dan konsumsi listrik.
4.	Yunianto Rahmanizar Maksum “Kajian <i>Life Cycle Assesment</i> (LCA) Untuk Perbaikan Produksi Air Bersih di Instalasi	Untuk menganalisa dampak lingkungan yang terjadi dari serangkaian proses pengolahan air bersih di IPAM PDAM khususnya IPAM Ngagel II yang dilakukan dengan	Dari hasil LCA, diketahui bahwa bagian pompa air baku memiliki dampak terbesar yaitu sebesar 73 kPt. Dari hasil LCA, diidentifikasi alternative pengurangan dampak lingkungan di bagian pompa, yaitu perubahan

No.	Penulis dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
	Pengolahan Air Minum IPAM Ngagel II PDAM Surabaya Dengan Pendekatan <i>Analytic Network Process ANP</i> ” (2011)	pendekatan <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA)	kapasitas pompa, peningkatan intensitas maintenance, serta pelatihan dan pengembangan operator.
5.	Simon Peter Hamonangan, Naniek Utami Handayani, Arfan Bakhtiar “Evaluasi Dampak Proses Produksi dan Pengolahan Limbah Minuman Isotonik Terhadap Lingkungan dengan Metode <i>Life Cycle Assessment</i> ”	Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dampak-dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh proses produksi kemudian menganalisis dampak-dampak lingkungan tersebut, lalu memberikan rekomendasi yang sesuai dengan permasalahan yang ada sehingga dampak lingkungan dapat diminimalisir.	Setelah perhitungan LCA dilakukan, kemudian didapatkan hasil bahwa proses produksi Mizone menghasilkan dampak lingkungan terbesar yaitu pencemaran air dan tanah, sedangkan proses pengolahan limbah Mizone menghasilkan dampak lingkungan terbesar yaitu pencemaran tanah dan pemanasan global.
6.	Marianna Garfi, Erasmo Cadena, David Sanchez-Ramos, Ivet Ferrer	Kajian ini mengevaluasi dampak lingkungan yang diakibatkan oleh konsumsi air minum	Hasilnya menunjukkan bagaimana air keran yaitu alternatif yang paling menguntungkan, sementara air kemasan disajikan hasil

No.	Penulis dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
	<i>“Life cycle assessment of drinking water: comparing conventional water treatment, reverse osmosis and mineral water in glass and plastic bottles”</i>	<p>di Barcelona (Spanyol) menggunakan metodologi penilaian siklus hidup (LCA). Lima skenario yang berbeda dibandingkan:</p> <p>1) keran air dari air minum konvensional pengobatan</p> <p>2) tekan air dari pengolahan air minum konvensional dengan reverse Osmosis di pabrik pengolahan air</p> <p>3) keran air dari air minum konvensional pengobatan dengan domestik reverse osmosis 4) air mineral dalam botol plastik, dan 5) air mineral dalam botol kaca.</p>	<p>terburuk karena bahan baku yang lebih tinggi dan input Senergi yang diperlukan untuk botol manufaktur, terutama dalam kasus botol kaca. Dampak yang ditimbulkan oleh reverse osmosis domestik yaitu antara 10 dan 24% lebih tinggi daripada alternatif air keran tergantung pada kategori dampak. Itu karena konsumsi listrik yang lebih tinggi. Reverse osmosis di pabrik pengolahan air menunjukkan dampak hampir dua kali lebih tinggi dari domestik sistem reverse osmosis skenario, terutama karena input energi yang lebih tinggi.</p>
7.	George Bârjoveanu, Carmen Teodosiu, Andreea-Florina Gîlcă, Ioana	Tujuan dari studi ini yaitu untuk mengevaluasi pabrik pengolahan air minum (DWTP) di Iasi City (Romania) oleh penilaian siklus hidup	Kontributor utama untuk dampak dalam sebagian besar kategori yaitu: konsumsi listrik (25-95% tergantung pada kategori dampak) dan klorida Ferri yang digunakan dalam

No.	Penulis dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
	Roman, Silvia Fiore <i>“Environmental Performance Evaluation of a Drinking Water Treatment Plant: A Life Cycle Assessment Perspective”</i>	(LCA) dan untuk mengidentifikasi dan mencirikan dampak lingkungan. Iasi DWTP melibatkan skema berikut: pra-oksidasi (klorin dioksida), koagulasi/flocculation, sedimentasi, koreksi pH (kalsium hidroksida), filtrasi pasir yang cepat, filtrasi karbon aktif granular dan disinfeksi (gas klorin).	koagulasi/flocculation (35-100%, tergantung pada kategori dampak). Penilaian dampak siklus hidup menunjukkan bahwa semakin rendah konsentrasi polutan, semakin tinggi dampak lingkungan spesifik akan, yang meminta untuk analisis rinci lebih lanjut dari kinerja lingkungan tanaman pengolahan air dalam setidaknya dua arah: penghapusan kontaminan muncul (hadir dalam konsentrasi yang sangat rendah) dan analisis yang lebih rinci pada kinerja individu setiap tahap pengobatan.
8.	Alexandre Bonton, Christian Bouchard, Benoit Barbeau, Stéphane Jedrzeja <i>“Comparative life cycle assessment of</i>	Tujuan dari studi ini yaitu untuk melakukan penilaian siklus hidup komparatif dari dua tanaman pengolahan air: satu tanaman konvensional ditingkatkan dan satu pabrik nanofiltrasi.	Penelitian ini mengungkapkan dampak yang sangat berbeda untuk kedua tanaman, menarik perhatian pada pentingnya pilihan bahan kimia pengolahan air dan sumber energi.

No.	Penulis dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
	<i>water treatment plants”</i>	Salah satu tanaman nanofiltrasi yang ada dipilih dan diselidiki dengan sangat rinci, termasuk fase operasi dan konstruksinya. Tanaman ini terletak di bagian utara provinsi Quebec dan telah beroperasi selama lebih dari 10 tahun.	
9.	Adriana Del Borghi, Carlo Strazza, Michela Gallo, Simona Messineo dan Massimiliano Nas “Water supply and sustainability: life cycle assessment of water collection, treatment and distribution service”	Tujuan dari makalah ini yaitu untuk menggambarkan perkembangan siklus hidup studi penilaian Layanan pasokan air minum di Sisilia, Italia. Analisis ini mempertimbangkan tahapan pengumpulan, pengobatan dan distribusi air minum melalui jaringan regional,	Hasil dan diskusi analisis menunjukkan saham dampak sepanjang rantai siklus hidup, yaitu output oleh Lapangan baik dan kelompok musim semi, pemurnian dan desalinasi tanaman, kehilangan air di dalam air, konsumsi listrik dari sistem pekerjaan air dan dampak pemeliharaan jaringan. Berkenaan dengan potensi pemanasan global (GWP), dampak dari pemurnian tanaman mewakili 6 – 7% pangsa Total, sementara Desalinasi di 74%. Hilangnya air di dalam air

No.	Penulis dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
			menunjukkan dampak 15 – 17%; kontribusi karena konsumsi listrik dari sistem pengerjaan air dan hasil pemeliharaan jaringan menjadi 3%. Tanaman Desalinasi mewakili kontribusi utama untuk semua kategori dampak dipertimbangkan.
10.	Xiaobo Xue, Sarah Cashman, Anthony Gaglione, Jnet Mosley, Lori Weiss, Xin Cissy Ma, Jennifer Cashdollar, Jay Garland “Holistic analysis of urban water systems in the Greater Cincinnati region: life cycle assessment and cost implications”	Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dan ekonomi dari sistem air dan limbah perkotaan dengan dua utilitas di wilayah Cincinnati Raya sebagai studi kasus. Studi ini memberikan wawasan untuk potensi optimasi efisiensi secara keseluruhan dan dapat berfungsi sebagai patokan bagi masyarakat mempertimbangkan adopsi sistem air alternatif.	Penilaian siklus hidup menunjukkan bahwa operasi dan pemeliharaan distribusi air minum yaitu kontributor yang mendominasi untuk konsumsi energi (43%) dan potensi pemanasan global (41%). Pembuangan air limbah dari pabrik pengolahan air limbah menyumbang lebih dari 80% dari total potensi eutrofikasi. Analisis biaya ditentukan bahwa biaya tenaga kerja dan pemeliharaan (19%) untuk pengumpulan air limbah, dan biaya listrik (13%) untuk distribusi air minum

Data sekunder yang telah didapatkan kemudian dianalisis memakai metode LCA dengan bantuan program komputer SimaPro 9.0. Berdasarkan ISO 14040 metode LCA terdiri dari 4 fase utama, diantaranya yaitu :

Step pertama yang dilakukan sebelum melakukan perhitungan LCA yaitu dengan menentukan ruang lingkup serta tujuan penelitian. Hal ini bertujuan untuk memperjelas cakupan penelitian yang sedang dilakukan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengkuantifikasi dampak lingkungan dari skenario koagulan di IPAM Ngagel dengan LCA dan juga untuk menentukan skenario koagulan terbaik (dampak lingkungan terkecil) di IPAM Ngagel. *Scope* penelitian ini menggunakan variasi koagulan *Alumunium Sulfat* sebagai koagulan eksisting dan *Poly Alumunium Chloride* sebagai koagulan alternatif.

Step kedua yaitu tahap *life cycle inventory*, dilaksanakan kegiatan *inventory* seluruh data terkait emisi yang diperkirakan akan terjadi, kebutuhan bahan baku, konsumsi energi, kekeruhan dan dosis koagulan pada proses pengolahan air minum di IPAM Ngagel Surabaya. Pemenuhan data LCI ini didapatkan berdasarkan data primer dan sekunder dari IPAM serta referensi dari jurnal terkait.

Penilaian *life cycle impact assessment* dilakukan untuk mengevaluasi dampak selama proses produksi air bersih. Pada penelitian ini digunakan metode *Eco-indicator 99* dengan berfokus pada 3 dampak lingkungan terbesar (*carcinogens*, *respiratory inorganics* dan *climate change*). Pada tahap penentuan dampak dilakukan beberapa langkah yaitu, *characteristization*, *damage assessment*, *normalization*, *weighting* dan *single score*. Tahap *normalization* bertujuan menyeragamkan satuan dari segala *impact category* dan menunjukkan kontribusi *impact category*

Interpretation

Kombinasi hasil dari *life cycle inventory* dan *life cycle impact assessment* digunakan untuk menginterpretasikan, menarik kesimpulan dan rekomendasi *scope* yang telah diidentifikasi sebelumnya. Interpretasi diartikan sebagai proses besaran dampak lingkungan yang dikaji dari tiap skenario yang dibandingkan perbandingannya. Perbandingan nilai kuantifikasi dampak yang telah diinterpretasikan digunakan untuk menentukan skenario koaksi yang memiliki dampak lingkungan terkecil yang disajikan pada bab kesimpulan.

4) Interpretation

Kombinasi hasil dari *life cycle inventory* dan *life cycle impact assessment* digunakan untuk menginterpretasikan, menarik kesimpulan dari *goal and scope* yang telah diidentifikasi sebelumnya. Interpretasi dilakukan pada besaran dampak lingkungan yang dikaji dari tiap skenario beserta perbandingannya. Perbandingan nilai kuantifikasi dampak yang telah diinterpretasikan digunakan untuk menentukan skenario koagulan dengan dampak lingkungan terkecil yang disajikan pada bab kesimpulan dan saran.

Tabel 4.1 Tujuan dan Ruang Lingkup Penelitian

Goal	Mengkuantifikasi dampak lingkungan dari skenario koagulan di IPAM Ngagel dengan LCA dan juga untuk menentukan skenario koagulan terbaik (dampak lingkungan terkecil) di IPAM Ngagel.
	Sistem yang akan dievaluasi yaitu pada proses pengolahan air minum
	Penelitian terfokus hanya pada potensi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh proses pengolahan air minum khususnya dari penambahan zat koagulan.
Scope	Input data pada analisis LCA ini diantaranya yaitu energi listrik yang digunakan selama proses pengolahan, bahan kimia yang digunakan, dan data input output air.
	Perhitungan dilakukan dengan menggunakan <i>software</i> SimaPro dengan didukung <i>database</i> yang sudah termasuk di dalam <i>software</i> .
	Skenario yang dikaji dalam penelitian ini adalah skenario menggunakan <i>Aluminium sulfat</i> sebagai koagulan eksisting dan skenario menggunakan <i>Poly Aluminium Chloride</i> sebagai koagulan pengganti.

Scope pada penelitian ini meliputi:

1. Skenario 1 (Koagulan Tawas/ Alumunium Sulfat)

Pada skenario 1 dilakukan pengolahan air dengan penambahan zat koagulan Alumunium sulfat (tawas) kemudian akan dilakukan penelitian terhadap potensi dampak lingkungan yang ditimbulkan dari serangkaian proses yang ada. Alternatif koagulan yang ditambahkan pada skenario ini dapat dilihat di alur produksi pada **Gambar 4.2**

kandungan sulfur pada *aluminium sulfat* memberikan dampak kedua setelah penggunaan *electricity*. *Aluminium sulfat* adalah senyawa kimia utama dalam penjernihan air dan memiliki fungsi sebagai pengikat partikel-partikel pengotor. Selain itu, berdasarkan hasil network pada **Gambar 4.5** juga tidak terdapat garis hijau yang artinya seluruh bahan kimia pada skenario 2 juga tidak terproses dengan sempurna sehingga sangat berdampak ke lingkungan. Tampak pula garis merah yang palig tebal terdapat pada penggunaan koagulan. *Poly Aluminium Sulfat* adalah salah satu bahan kimia koagulan alternatif dalam pengolahan air minum. Penggunaan bahan kimia klor cair pada aliran proses produksi air tidak tergambar pada network. Hal ini dikarenakan penggunaan klor cukup kecil, sehingga potensi dampak terhadap lingkungan yang ditimbulkan juga kecil atau bahkan tidak ada, tidak berpengaruh terhadap lingkungan.

Skenario 1

a. Characterization

Characterization merupakan tahapan dimana akan menampilkan kontribusi relatif terhadap dampak lingkungan. Tahap ini akan mengukur kontribusi dampak produk atau kegiatan pada setiap indikator dampak. Selain itu, tahap ini membandingkan secara langsung hasil *life cycle inventory* dalam tiap kategori. Berdasarkan **Tabel 4.3** tentang *characterization* dampak pada skenario 1, kerugian dampak yang terbesar yaitu kerugian terhadap kesehatan pernapasan (*respiratory inorganics*) karena pemakaian listrik/energi yang cukup tinggi pada proses produksi air.

Tabel 4.3 *Characterization* Dampak Lingkungan Skenario 1 Berdasarkan Bahan Kimia dan Konsumsi Listrik

<i>Impact Category</i>	Unit	Total	<i>Tap water</i>	<i>Aluminium sulfat</i>	<i>Calcium chloride</i>	<i>Activated carbon</i>	<i>Chlorine</i>	<i>Polyacrylamide</i>	<i>Aluminium chloride</i>	<i>Polyaluminium chloride</i>	<i>Electricity</i>
<i>Carcinogens</i>	DALY	3.59	0.00544	2.23	0.00108	6.606E-5	0.00154	0.00083	0.00646	0.00366	1.34
<i>Respiratory inorganic</i>	DALY	8.01	0.0109	2.2	0.00109	0.00357	0.0597	0.00182	0.0102	0.00368	5.72
<i>Climate change</i>	DALY	2.17	0.00179	0.305	0.000184	0.00529	0.0189	0.0000582	0.00183	0.000635	1.84

(Sumber: Hasil Pengolahan SimaPro)

Pada dampak lingkungan kategori kesehatan manusia, kategori dampak *ozone depletion* (senyawa yang terdapat pada polutan lingkungan dan berpengaruh terhadap kesehatan manusia) terbesar ada pada penggunaan *Aluminium sulfat*. Kategori dampak *acid respiratory inorganic* (efek saluran pernapasan) dipengaruhi oleh penggunaan *electricity* (energi listrik). Kategori dampak *climate change* (perubahan iklim) pada waktu tertentu terbesar dipengaruhi oleh penggunaan *electricity* (energi listrik).

b. Normalization

Pada tahap *normalization* diperoleh dengan membagi *characterization* dengan nilai normal. Hasil nilai normalisasi untuk tiga kategori kerugian dampak lingkungan dari mulai terbesar sampai terkecil yaitu dampak lingkungan terhadap sumber daya, kesehatan manusia dan ekosistem. Nilai dampak lingkungan dari tahap *normalization* pada skenario 1 dapat dilihat pada

Tabel 4.4.

Tabel 4.4 *Normalization* dampak lingkungan Skenario 1 Berdasarkan Bahan Kimia dan Konsumsi Listrik

<i>Impact category</i>	Unit	Total	<i>Tap water</i>	<i>Aluminium sulfat</i>	<i>Calcium chloride</i>	<i>Activated carbon</i>	<i>Chlorine</i>	<i>Polyacrylamide</i>	<i>Aluminium chloride</i>	<i>Polyaluminium chloride</i>	<i>Electricity</i>
<i>Carcinogens</i>		407	0.616	253	0.123	0.00686	0.175	0.094	0.731	0.414	152
<i>Respiratory inorganics</i>		907	1.24	249	0.124	0.404	6.76	0.206	1.16	0.417	647
<i>Climate change</i>		246	0.203	34.5	0.0208	0.599	2.14	0.0658	0.207	0.0719	208

(Sumber : Hasil Pengolahan SimaPro)

c. *Single score*

Pembobotan yang dilakukan dengan semua potensi dampak lingkungan akan dikonversi ke *single score* dengan memperlihatkan tiap-tiap proses yang mempunyai dampak lingkungan. Hasil *single score* disajikan dalam **Tabel 4.5**. Pada dampak lingkungan kategori kesehatan manusia, kategori dampak *carcinogens* (senyawa yang terdapat pada polutan lingkungan dan berpengaruh pada kesehatan manusia) terbesar ada pada penggunaan *Aluminium sulfat*. Kategori dampak *respiratory inorganic* (efek saluran pernapasan) terbesar dipengaruhi oleh penggunaan *electricity* (energi listrik). Kategori dampak *climate change* (peubahan iklim pada waktu tertentu) terbesar dipengaruhi oleh penggunaan *electricity* (energi listrik).

Tabel 4.5 *Single score* dampak lingkungan Skenario 1 Berdasarkan Bahan Kimia dan Konsumsi Listrik

<i>Impact category</i>	Unit	Total	<i>Tap water</i>	<i>Aluminium sulfat</i>	<i>Calcium chloride</i>	<i>Activated carbon</i>	<i>Chlorine</i>	<i>Polyacrylamide</i>	<i>Aluminium chloride</i>	<i>Poly Aluminium chloride</i>	<i>Electricity</i>
<i>Cersinogenics</i>	MPt	0.163	0.000246	0.101	4.91E-5	2.74E-6	6.99E-5	3.76E-5	0.000292	0.000166	0.0607
<i>Respiratory inorganics</i>	MPt	0.363	0.000494	0.0997	4.95E-5	0.000162	0.0027	8.22E-5	0.000464	0.000167	0.259
<i>Climate change</i>	MPt	0.0984	8.13E-5	0.0138	8.32E-6	0.00024	0.000855	2.63E-5	8.3E-5	2.88E-5	0.0832

Emisi CO₂ yang diakibatkan oleh aktivitas pembakaran karbon yang terdapat pada energi fosil, mulai dari minyak bumi, gas bumi hingga batubara. Karbondioksida merupakan penyumbang utama terjadinya pemanasan global. Hal ini dibuktikan dari penelitian yang dilakukan oleh Kyung *et al* (2013), dalam penelitian ini dibuat pemodelan yang bertujuan untuk memperkirakan banyaknya emisi CO₂ yang dihasilkan dari pengolahan air (WTP) menggunakan sistem *on-site* dan *off-site* CO₂ secara konvensional. *On-site* CO₂ diartikan sebagai reaksi kimia pada proses pencampuran secara mekanik dalam koagulasi. Sedangkan *off-site* CO₂ merupakan total kebutuhan *electricity* dan bahan bakar pada unit operasi serta total produksi dan *chemical* untuk konsumsi *on-site*. Dari penelitian itu, dihasilkan total emisi CO₂ yang memiliki hubungan dengan kebutuhan listrik pada WTP sejumlah 5,1 % dari total emisi keseluruhan.

Tabel 4.6 *Characterization* dampak lingkungan Skenario 2 Berdasarkan Bahan Kimia dan Konsumsi Listrik

<i>Impact Category</i>	Unit	Total	<i>Tap water</i>	<i>Polyaluminium chloride</i>	<i>Calcium chloride</i>	<i>Activated carbon</i>	<i>Chlorine</i>	<i>Polyacrylamide</i>	<i>Aluminium chloride</i>	<i>Polyaluminium chloride</i>	<i>Electricity</i>
<i>Carcinogens</i>	DALY	6.57	0.00544	5.21	0.00108	6.606E-5	0.00154	0.00083	0.00646	0.00366	1.34
<i>Respiratory inorganic</i>	DALY	11.1	0.0109	5.24	0.00109	0.00357	0.0597	0.00182	0.0102	0.00368	5.72
<i>Climate change</i>	DALY	2.77	0.00179	0.905	0.000184	0.00529	0.0189	0.0000582	0.00183	0.000635	1.84

(Sumber : Hasil Pengolahan SimaPro)

b. *Normalization*

Normalization merupakan proses analisa data, dimana membandingkan indikator dampak antara kategori dampak. Tujuan dari penyetaraan satuan disini agar penilaian dampak (*impact assessment*) yang dihasilkan pada proses *running* SimaPro dapat dibandingkan satu sama lain. Berikut ini yaitu hasil perhitungan *normalization* dapat dilihat pada **Tabel 4.7**

Tabel 4.7 *Normalization* dampak lingkungan Skenario 2 Berdasarkan Bahan Kimia dan Konsumsi Listrik

<i>Damage category</i>	<i>Unit</i>	<i>Total</i>	<i>Tap water</i>	<i>Polyaluminium chloride</i>	<i>Calcium chloride</i>	<i>Activated carbon</i>	<i>Chlorine</i>	<i>Polyacrylamide</i>	<i>Aluminium chloride</i>	<i>Polyaluminium chloride</i>	<i>Electricity</i>
<i>Carcinogens</i>		744	0.616	590	0.123	0.00686	0.175	0.094	0.731	0.414	152
<i>Respiratory inorganics</i>		1.25E3	1.24	593	0.124	0.404	6.76	0.206	1.16	0.417	647
<i>Climate change</i>		314	0.203	102	0.0208	0.599	2.14	0.0658	0.207	0.0719	208

(Sumber: Hasil Pengolahan SimaPro)

c. Single score

Pembobotan yang dilakukan dengan semua potensi dampak lingkungan akan dikonversi ke *single score* dengan memperlihatkan tiap-tiap proses yang mempunyai dampak lingkungan. Hasil *single score* disajikan dalam **Tabel 4.8**.

Dari seluruh *impact category* yang dihasilkan, tampak bahwa kategori *respiratory inorganics* memiliki dampak yang paling besar dibandingkan kategori dampak yang lainnya. Pemakaian *electricity* dan pemakaian bahan kimia *Poly Aluminium Chloride* (PAC) merupakan faktor terbesar yang menyebabkan dampak tersebut.

Tabel 4.8 *Single score* Dampak Lingkungan Skenario 2 Berdasarkan Bahan Kimia dan Konsumsi Listrik

<i>Impact category</i>	Unit	Total	<i>Tap water</i>	<i>Polyaluminium chloride</i>	<i>Calcium chloride</i>	<i>Activated carbon</i>	<i>Chlorine</i>	<i>Polyacrylamide</i>	<i>Aluminium chloride</i>	<i>Polyaluminium chloride</i>	<i>Electricity</i>
<i>Carcinogens</i>	MPt	0.298	0.000246	0.236	4.91E-5	6.99E-5	2.74E-6	3.76E-5	0.000292	0.000166	0.0607
<i>Respiratory inorganics</i>	MPt	0.5	0.000494	0.237	4.95E-5	0.000162	0.0027	8.22E-5	0.000464	0.000167	0.259
<i>Climate change</i>	MPt	0.126	8.13E-5	0.041	8.32E-6	0.00024	0.000855	2.63E-5	8.3E-5	2.88E-5	0.0832

(Sumber: Hasil Pengolahan SimaPro)

Tabel 4.11 *Characterization* dampak lingkungan Skenario 1 dan Skenario 2 pada masing-masing kategori dampak

(Sumber: Hasil Pengolahan SimaPro)

Gambar 4.6 Perbandingan *Characterization* Skenario 1 dan Skenario 2



Nilai *normalization* dari kedua skenario kemudian juga dibandingkan untuk mengetahui dampak lingkungan yang paling besar antar kedua skenario pada 3 *impact category*. Hasil perhitungan *normalization* pada skenario 1 (koagulan Alum) pengolahan air dapat dilihat pada **Tabel 4.12** sedangkan *normalization* pada skenario 2 (koagulan PAC) dapat dilihat pada **Tabel 4.13**. Dari kedua skenario tersebut kemudian dilakukan perbandingan dampak lingkungan, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 4.14**.

<i>Impact category</i>	Unit	Skenario 1
<i>Carcinogens</i>	-	407
<i>Respiratory inorganics</i>	-	907
<i>Climate change</i>	-	249

Pada **Tabel 4.12** diatas menunjukkan nilai masing-masing *impact category* skenario 1 pada tahap normalisasi. Pada dampak *carcinogens* memiliki nilai dampak 407, *dampak respiratory inorganics* memiliki nilai dampak 907, sedangkan dampak *climate change* memiliki nilai dampak sebesar 249. Dari ketiga kategori dampak lingkungan yang ditampilkan, *respiratory inorganics* memiliki nilai dampak terbesar dari kedua dampak lainnya.

Nilai *single score* dari kedua skenario kemudian juga dibandingkan untuk mengetahui dampak lingkungan yang paling besar antar kedua skenario pada 3 *impact category*. Hasil pengolahan *single score* dapat dilihat pada **Tabel 4.15**.

Tabel 4.15 *Single score* dampak lingkungan Skenario 1 pada masing-masing kategori

<i>Impact category</i>	Unit	Skenario 1
<i>Carsinogens</i>	MPt	0.163
<i>Respiratory inorganics</i>	MPt	0.33
<i>Climate change</i>	MPt	0.0984

(Sumber: Hasil Pengolahan SimaPro)

Pada **Tabel 4.15** diatas menunjukkan nilai masing-masing *impact kategori* skenario 1 pada tahap *single score*. Pada dampak *carcinogens* memiliki nilai dampak 0.163 MPt, dampak *respiratory inorganics* memiliki nilai dampak 0.33 MPt, sedangkan dampak *climate change* memiliki nilai dampak sebesar 0.0984 MPt. Dari ketiga kategori dampak lingkungan yang ditampilkan, *respiratory inorganics* memiliki nilai dampak terbesar dari kedua dampak lainnya.

Tabel 4.16 *Single score* dampak lingkungan Skenario 2 pada masing-masing kategori

<i>Impact category</i>	Unit	Skenario 2
<i>Carsinogens</i>	MPt	0.298
<i>Respiratory inorganics</i>	MPt	0.5
<i>Climate change</i>	MPt	0.126

(Sumber: Hasil Pengolahan SimaPro)

Pada **Tabel 4.16** diatas menunjukkan nilai masing-masing *impact category* skenario 2 pada tahap *single score*. Pada dampak *carcinogens* memiliki nilai dampak 0.298 MPt, dampak *respiratory inorganics* memiliki nilai dampak 0.5 MPt, sedangkan dampak *climate change* memiliki nilai dampak sebesar 0.126 MPt. Dari

ketiga kategori dampak lingkungan yang ditampilkan, *respiratory inorganics* memiliki nilai dampak terbesar dari kedua dampak lainnya.

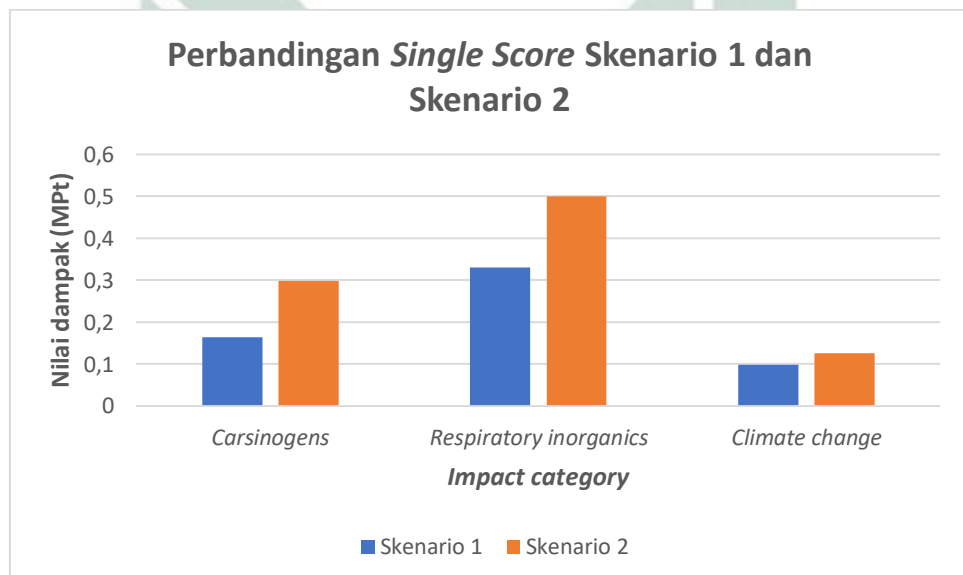
Tabel 4.17 *Single score* dampak lingkungan Skenario 1 dan Skenario 2 pada masing-masing kategori

<i>Impact category</i>	Unit	Skenario 1	Skenario 2
<i>Carsinogens</i>	MPt	0.163	0.298
<i>Respiratory inorganics</i>	MPt	0.33	0.5
<i>Climate change</i>	MPt	0.0984	0.126

(Sumber: Hasil Pengolahan SimaPro)

Dari hasil pengolahan data masing-masing *impact category* yang ada mulai dari *carcinogens*, *respiratory inorganics* dan *climate* menunjukkan bahwa Skenario 2 memiliki dampak lingkungan yang lebih besar dibanding Skenario 1. Sehingga dapat disimpulkan bahwa skenario 1 memiliki dampak terkecil dari skenario 2, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 4.8**

Gambar 4.8 Perbandingan *Single score* Skenario 1 dan Skenario 2



(Sumber: Hasil Analisis)

secara tidak langsung berkontribusi terhadap dampak *climate change*. Penelitian terkait siklus hidup pengolahan air pernah dilakukan di China. Dalam penelitiannya, model yang diusulkan yaitu LCA berbasis proses dan LCA berbasis input-output dengan metode *Eco-Indicator 99* namun hanya menggunakan konsumsi energi sebagai satu-satunya parameter untuk evaluasi proyek sehingga dampak yang ditimbulkan hanya terbatas pada dampak penggunaan energi. Diperlukan usaha penghematan energi listrik, salah satu caranya yaitu dengan meningkatkan efisiensi *maintenance* dan pemanfaatan prinsip gravitasi (Mubin dkk, 2016). Penggantian peralatan yang sudah lama bisa menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan efisiensi peralatan.

Terdapat penelitian sebelumnya membahas tentang pengolahan air bersih perkotaan dengan metode LCA menggunakan pendekatan *Environmental Sustainability Indicator* (ESI). Dari penelitian tersebut menghasilkan indikator lingkungan pada sistem pengolahan air bersih sehingga mampu mengontrol dampak negatif dari pengolahan air bersih. Bahkan ada penelitian yang sudah melakukan analisis lingkungan pada setiap tahap siklus air perkotaan di Tarragona dengan menggunakan metode LCA dan menghasilkan tiga skenario perbaikan untuk meningkatkan permintaan air bersih dan memperbaiki profil lingkungan dari sistem air perkotaan (Thorn *et al*, 2011). Namun, beberapa penelitian tersebut memiliki kekurangan yaitu indikator pencemaran lingkungan tidak berbentuk data kuantitatif sehingga tidak dapat diketahui faktor yang berkontribusi buruk terbesar terhadap lingkungan serta bagian dampak lingkungan yang mana yang akan memiliki pengaruh terhadap faktor tersebut.

Penelitian LCA pada pengolahan air bersih pernah dilakukan di Columbia. Dalam penelitian itu, metode pengukuran indikator lingkungan menggunakan CML 2001. Metode tersebut hanya menghasilkan 6 indikator pengukuran (Rodriguez *et al*, 2016). Penelitian serupa juga pernah dilakukan di Spanyol, LCA digunakan untuk membandingkan skenario pemanfaatan air. Penelitian tersebut berfokus pada kategori dampak terkait toksisitas. (Irawati, 2018)

Banyaknya penelitian mengenai siklus pengolahan air dikarenakan fasilitas publik yang menghasilkan CO₂ cukup besar dari konsumsi listrik adalah instalasi

Hasil interpretasi dijadikan dasar penentuan skenario koagulan terbaik dengan dampak lingkungan terkecil dari ketiga dampak yang dihasilkan di IPA. Dari ketiga dampak yang dikaji, skenario 1 (Koagulan *Aluminium Sulfate*) merupakan skenario dengan dampak lingkungan terkecil yakni sebesar 3,59 DALY untuk efek *carcinogens*, 8,01 DALY untuk efek *respiratory inorganics*, dan 2,01 DALY untuk efek *climate change*.

untuk efek *climate change*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan dari penelitian dapat disimpulkan:

- ## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini untuk penelitian selanjutnya yaitu diharapkan data-data yang diambil lebih rinci dan detail untuk kebutuhan energi dan bahan dari tiap unit pengolahan.

